

08. 7. 2004

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 26 AUG 2004

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年 7月31日

出願番号  
Application Number: 特願2003-204733  
[ST. 10/C]: [JP2003-204733]

出願人  
Applicant(s): トヨタ自動車株式会社

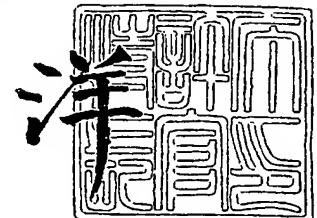
BEST AVAILABLE COPY

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 8月12日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願

【整理番号】 1031327

【提出日】 平成15年 7月31日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B60L 11/14  
B60L 11/18  
F02D 29/06  
H02K 16/02  
B60K 6/02

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

    【氏名】 岡村 賢樹

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

    【氏名】 山下 貴史

【特許出願人】

    【識別番号】 000003207

    【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地

    【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100064746

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 深見 久郎

【選任した代理人】

    【識別番号】 100085132

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 森田 俊雄

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100112715

【弁理士】

【氏名又は名称】 松山 隆夫

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100112852

【弁理士】

【氏名又は名称】 武藤 正

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008693

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0209333

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 モータ駆動装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 永久磁石モータの  $d-q$  軸変換を用いた制御における  $q$  軸の電圧操作量に基づいて、前記永久磁石モータの減磁量を推定する推定手段と、

前記推定された減磁量が所定値よりも大きいとき、前記永久磁石モータの動作制限処理を行なう動作処理手段とを備えるモータ駆動装置。

【請求項 2】 前記永久磁石モータの駆動に必要な入力電圧を可変するコンバータをさらに備え、

前記推定手段は、前記入力電圧の電圧レベルに応じて、前記推定した減磁量を補正する、請求項 1 に記載のモータ駆動装置。

【請求項 3】 前記推定手段は、制御対象である  $q$  軸の電圧操作量を基準値と比較することにより前記減磁量を推定する、請求項 1 に記載のモータ駆動装置。

【請求項 4】 前記推定手段は、基準値と、制御対象である  $q$  軸の電圧操作量との差に基づいて前記減磁量を推定する、請求項 1 に記載のモータ駆動装置。

【請求項 5】 前記推定手段は、少なくとも 2 つの回転数に対する基準値をマップとして保持しており、前記マップから前記基準値を抽出して前記減磁量を推定する、請求項 3 または請求項 4 に記載のモータ駆動装置。

【請求項 6】 前記基準値は、前記永久磁石モータに減磁が発生していないときの前記  $q$  軸の電圧操作量である、請求項 3 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載のモータ駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、永久磁石モータの減磁を推定可能なモータ駆動装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

最近、環境に配慮した自動車としてハイブリッド自動車（Hybrid Vehicle）が大きな注目を集めている。そして、ハイブリッド自動車は、一部、実用化されている。

【0003】

このハイブリッド自動車は、従来のエンジンに加え、直流電源とインバータとインバータによって駆動されるモータとを動力源とする自動車である。つまり、エンジンを駆動することにより動力源を得るとともに、直流電源からの直流電圧をインバータによって交流電圧に変換し、その変換した交流電圧によりモータを回転することによって動力源を得るものである。

【0004】

そして、特許文献1には、ハイブリッド自動車用のモータ駆動システムが開示されている。このモータ駆動システムは、ハイブリッド自動車の制御に用いられるデータに基づいて、回転電機の永久磁石の磁石温度により永久磁石の減磁を推定する。

【0005】

【特許文献1】

特開2001-157304号公報

【0006】

【特許文献2】

特開2002-10677号公報

【0007】

【特許文献3】

特開平11-18496号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来の減磁推定方法は、ハイブリッド自動車の制御データに基づいて推定された永久磁石の磁石温度を用いて減磁を推定する方法であるため、減磁を正確に推定できないという問題がある。

【0009】

そこで、この発明は、かかる問題を解決するためになされたものであり、その目的は、永久磁石モータの減磁を正確に推定可能なモータ駆動装置を提供することである。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段および発明の効果】

この発明によれば、モータ駆動装置は、推定手段と、動作処理手段とを備える。推定手段は、永久磁石モータの  $d-q$  軸変換を用いた制御における  $q$  軸の電圧操作量に基づいて、永久磁石モータの減磁量を推定する。動作処理手段は、推定手段によって推定された減磁量が所定値よりも大きいとき、永久磁石モータの動作制限処理を行なう。

#### 【0011】

好ましくは、モータ駆動装置は、コンバータをさらに備える。コンバータは、永久磁石モータの駆動に必要な入力電圧を可変する。そして、推定手段は、入力電圧の電圧レベルに応じて、推定した減磁量を補正する。

#### 【0012】

好ましくは、推定手段は、制御対象である  $q$  軸の電圧操作量を基準値と比較することにより減磁量を推定する。

#### 【0013】

好ましくは、推定手段は、基準値と、制御対象である  $q$  軸の電圧操作量との差に基づいて減磁量を推定する。

#### 【0014】

好ましくは、推定手段は、少なくとも2つの回転数に対する基準値をマップとして保持しており、マップから基準値を抽出して減磁量を推定する。

#### 【0015】

好ましくは、基準値は、永久磁石モータに減磁が発生していないときの  $q$  軸の電圧操作量である。

#### 【0016】

この発明によるモータ駆動装置においては、永久磁石モータの  $d-q$  軸変換を用いた制御における  $q$  軸の電圧操作量、すなわち、永久磁石から出射される電機

子鎖交磁束のうち q 軸方向の電機子鎖交磁束に基づいて減磁量が推定される。そして、推定された減磁量が所定値よりも大きいとき、永久磁石モータの動作が制限される。

#### 【0017】

したがって、この発明によれば、減磁量を正確に推定できる。そして、推定した減磁量に基づいて永久磁石モータに対する処理を的確に行なうことができる。

#### 【0018】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

#### 【0019】

図1を参照して、この発明の実施の形態によるモータ駆動装置100は、直流電源10と、電圧センサー11、12と、コンバータ20と、コンデンサ30と、インバータ40と、電流センサー50と、回転位置センサー70と、制御装置80、90とを備える。

#### 【0020】

コンバータ20は、直流電源10とコンデンサ30との間に接続される。コンデンサ30は、電源ライン1とアースライン2との間に接続される。

#### 【0021】

電圧センサー11は、直流電源10から出力される直流電圧 $V_b$ を検出して制御装置90へ出力する。電圧センサー12は、コンデンサ30の両端の電圧 $V_m$ を検出して制御装置80、90へ出力する。

#### 【0022】

コンバータ20は、制御装置90からの信号PWM1によって直流電源10からの直流電圧 $V_b$ を昇圧してコンデンサ30に供給する。コンデンサ30は、コンバータ20からの直流電圧を平滑化し、その平滑化した直流電圧をインバータ40に供給する。

#### 【0023】

インバータ40は、コンデンサ30を介して直流電圧を受け、その受けた直流

電圧を制御装置 80 からの信号 PWM2 によって交流電圧に変換して永久磁石モータ 60 を駆動する。

#### 【0024】

電流センサー 50 は、永久磁石モータ 60 に流れるモータ電流  $I_u$ ,  $I_v$  を検出し、その検出したモータ電流  $I_u$ ,  $I_v$  を制御装置 80 へ出力する。なお、図 1 においては、電流センサー 50 は、2 個しか示されていない。これは、永久磁石モータ 60 が 3 相モータの場合、2 つの相に流れるモータ電流  $I_u$ ,  $I_v$  を検出すれば、その検出されたモータ電流  $I_u$ ,  $I_v$  に基づいて残りの相に流れるモータ電流  $I_w$  を演算できるからである。したがって、3 相の各々に流れるモータ電流  $I_u$ ,  $I_v$ ,  $I_w$  を独自に検出する場合、3 個の電流センサー 50 を設けてもよい。

#### 【0025】

永久磁石モータ 60 は、U 相コイル、V 相コイルおよび W 相コイルをステータコイルとして含む 3 相のモータである。

#### 【0026】

回転位置センサー 70 は、永久磁石モータ 60 のロータの回転位置を検出し、その検出した回転位置を示すセンサー値  $\theta$  を制御装置 80 へ出力する。

#### 【0027】

制御装置 80 は、回転数検出部 81 と、3 相/2 相変換部 82 と、電流指令生成部 83 と、減算器 84, 85 と、PI 制御部 86 と、2 相/3 相変換部 87 と、PWM 生成部 88 と、マップ保持部 89 と、減磁状態演算部 91 とを含む。

#### 【0028】

回転数検出部 81 は、回転位置センサー 70 からセンサー値  $\theta$  を受け、その受けたセンサー値  $\theta$  に基づいてモータ回転数 MRN を検出する。そして、回転数検出部 81 は、モータ回転数 MRN を電流指令演算部 83、マップ保持部 89、減磁状態演算部 91 および制御装置 90 へ出力する。

#### 【0029】

3 相/2 相変換部 82 は、2 個の電流センサー 50, 50 からモータ電流  $I_u$ ,  $I_v$  を受ける。そして、3 相/2 相変換部 82 は、モータ電流  $I_u$ ,  $I_v$  に基



づいてモータ電流  $I_w = -I_u - I_v$  を演算する。

#### 【0030】

そうすると、3相／2相変換部82は、モータ電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  を回転位置センサー70からのセンサー値  $\theta$  を用いて三相二相変換する。すなわち、3相／2相変換部82は、モータ電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  およびセンサー値  $\theta$  を次式に代入して電流値  $I_d$ 、 $I_q$  を演算する。

#### 【0031】

##### 【数1】

$$\begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} -\cos\theta & -\cos(\theta - \frac{2}{3}\pi) & -\cos(\theta + \frac{2}{3}\pi) \\ \sin\theta & \sin(\theta - \frac{2}{3}\pi) & \sin(\theta + \frac{2}{3}\pi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_u \\ I_v \\ I_w \end{bmatrix} \quad \dots(1)$$

#### 【0032】

つまり、3相／2相変換部82は、永久磁石モータ60の3相コイルの各相に流れる3相のモータ電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  をセンサー値  $\theta$  を用いてd軸およびq軸に流れる電流値  $I_d$ 、 $I_q$  に変換する。そして、3相／2相変換部82は、演算した電流値  $I_d$  を減算器84へ出力し、演算した電流値  $I_q$  を減算器85へ出力する。

#### 【0033】

電流指令生成部83は、モータ駆動装置100の外部に設けられたECU (Electrical Control Unit) からトルク指令値TRを受け、回転数検出部81からモータ回転数MRNを受け、電圧センサー12から電圧Vmを受ける。そして、電流指令生成部83は、トルク指令値TR、モータ回転数MRNおよび電圧Vmに基づいて、トルク指令値TRによって指定されたトルクを出力するための電流指令  $I_d^*$ 、 $I_q^*$  を生成し、その生成した電流指令  $I_d^*$  を減算器84およびマップ保持部89へ出力し、生成した電流指令  $I_q^*$  を減算器85およびマップ保持部89へ出力する。

#### 【0034】

減算器84は、電流指令  $I_d^*$  と電流値  $I_d$  との偏差  $\Delta I_d$  を演算し、その演

算した偏差 $\Delta I_d$ をPI制御部86へ出力する。また、減算器85は、電流指令 $I_q^*$ と電流値 $I_q$ との偏差 $\Delta I_q$ を演算し、その演算した偏差 $\Delta I_q$ をPI制御部86へ出力する。

#### 【0035】

PI制御部86は、偏差 $\Delta I_d$ 、 $\Delta I_q$ に対してPIゲインを用いてモータ電流調整用の電圧操作量 $V_d$ 、 $V_q$ を演算し、その演算した電圧操作量 $V_d$ を2相／3相変換部87へ出力し、演算した電圧操作量 $V_q$ を2相／3相変換部87および減磁状態演算部91へ出力する。

#### 【0036】

2相／3相変換部87は、PI制御部86からの電圧操作量 $V_d$ 、 $V_q$ を回転位置センサー70からのセンサー値 $\theta$ を用いて二相三相変換する。すなわち、2相／3相変換部87は、PI制御部86からの電圧操作量 $V_d$ 、 $V_q$ および回転位置センサー70からのセンサー値 $\theta$ を次式に代入して永久磁石モータ60の3相コイルに印加する電圧操作量 $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$ を演算する。

#### 【0037】

##### 【数2】

$$\begin{bmatrix} V_u \\ V_v \\ V_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\cos\theta & \sin\theta \\ -\cos(\theta - \frac{2}{3}\pi) & \sin(\theta - \frac{2}{3}\pi) \\ -\cos(\theta + \frac{2}{3}\pi) & \sin(\theta + \frac{2}{3}\pi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

#### 【0038】

つまり、2相／3相変換部87は、d軸およびq軸に印加する電圧操作量 $V_d$ 、 $V_q$ をセンサー値 $\theta$ を用いて永久磁石モータ60の3相コイルに印加する電圧操作量 $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$ に変換する。

#### 【0039】

そして、2相／3相変換部87は、電圧操作量 $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$ をPWM生成部88へ出力する。

#### 【0040】

PWM生成部88は、電圧操作量 $V_u$ 、 $V_v$ 、 $V_w$ と、電圧センサー12からの電圧 $V_m$ とに基づいて信号PWM2を生成し、その生成した信号PWM2をインバータ40へ出力する。より具体的には、PWM生成部88は、電圧 $V_m$ の電圧レベルに応じて信号PWMの高さおよび幅を設定して信号PWMを生成する。この場合、PWM生成部88は、電圧 $V_m$ の電圧レベルが相対的に高くなれば、信号PWMの高さを相対的に高くし、幅を相対的に狭くして信号PWMを生成する。

#### 【0041】

マップ保持部89は、電流指令 $I_d^*$ 、 $I_q^*$ の各々に対して測定されたq軸の電圧操作量 $V_{q\_map}$ を少なくとも2つのモータ回転数MRNに対応付けたマップを保持する。この電圧操作量 $V_{q\_map}$ は、永久磁石モータ60が減磁していないときのq軸の電圧操作量である。

#### 【0042】

そして、マップ保持部89は、電流指令生成部83から電流指令 $I_d^*$ 、 $I_q^*$ を受け、回転数検出部81からモータ回転数MRNを受けると、モータ回転数MRNおよび電流指令 $I_d^*$ 、 $I_q^*$ に対応する電圧操作量 $V_{q\_map}$ をマップから抽出して減磁状態演算部91へ出力する。

#### 【0043】

減磁状態演算部91は、PI制御部86からのq軸の電圧操作量 $V_q$ 、マップ保持部89からの電圧操作量 $V_{q\_map}$ および回転数検出部81からのモータ回転数MRNに基づいて、後述する方法によって永久磁石モータ60の減磁量を演算し、その演算した減磁量が所定値よりも大きいとき、永久磁石モータ60へ流す電流を制限したり、永久磁石モータ60のモータ回転数MRNを制限したり、外部へ警報を出力したりするための処理信号OPEを出力する。

#### 【0044】

また、減磁状態演算部91は、演算した減磁量を電圧センサー12から受けた電圧 $V_m$ の電圧レベルに応じて、後述する方法によって補正する。

#### 【0045】

制御装置90は、外部ECUからのトルク指令値 $T_R$ 、電圧センサー11から

の直流電圧  $V_b$ 、電圧センサー 12 からの電圧  $V_m$  および回転数検出部 81 からのモータ回転数  $MRN$  に基づいて、コンバータ 20 を制御するための信号  $PWM1$  を生成してコンバータ 20 へ出力する。

#### 【0046】

より具体的には、制御装置 90 は、トルク指令値  $TR$  およびモータ回転数  $MRN$  に基づいてコンバータ 20 の電圧指令を演算し、その演算した電圧指令と、直流電圧  $V_b$  と、電圧  $V_m$  とに基づいて電圧  $V_m$  を電圧指令に設定するための信号  $PWM2$  を生成する。

#### 【0047】

図 2 は、図 1 に示すコンバータ 20 の回路図である。図 2 を参照して、コンバータ 20 は、NPN トランジスタ  $Q1$ 、 $Q2$  と、ダイオード  $D1$ 、 $D2$  と、リアクトル  $L1$  とを含む。NPN トランジスタ  $Q1$ 、 $Q2$  は、電源ライン 1 とアースライン 2 との間に直列に接続される。リアクトル  $L1$  は、一方端が NPN トランジスタ  $Q1$  と NPN トランジスタ  $Q2$  との中間点に接続され、他方端が直流電源 10 の正極に接続される。また、各 NPN トランジスタ  $Q1$ 、 $Q2$  のコレクターエミッタ間には、エミッタ側からコレクタ側へ電流を流すダイオード  $D1$ 、 $D2$  がそれぞれ接続されている。

#### 【0048】

図 3 は、図 1 に示すインバータ 40 の回路図を示す。図 3 を参照して、インバータ 40 は、U 相アーム 15 と、V 相アーム 16 と、W 相アーム 17 とを含む。U 相アーム 15、V 相アーム 16 および W 相アーム 17 は、電源ライン 1 とアースライン 2 との間に並列に設けられる。

#### 【0049】

U 相アーム 15 は、直列に接続された NPN トランジスタ  $Q3$ 、 $Q4$  から成り、V 相アーム 16 は、直列に接続された NPN トランジスタ  $Q5$ 、 $Q6$  から成り、W 相アーム 17 は、直列に接続された NPN トランジスタ  $Q7$ 、 $Q8$  から成る。また、各 NPN トランジスタ  $Q3 \sim Q8$  のコレクターエミッタ間には、エミッタ側からコレクタ側へ電流を流すダイオード  $D3 \sim D8$  がそれぞれ接続されている。

## 【0050】

インバータ40の各相アームの中間点は、永久磁石モータ60の各相コイルの各相端に接続されている。すなわち、永久磁石モータ60のU相コイルの他端がNPNトランジスタQ3、Q4の中間点に、V相コイルの他端がNPNトランジスタQ5、Q6の中間点に、W相コイルの他端がNPNトランジスタQ7、Q8の中間点にそれぞれ接続されている。

## 【0051】

図4は、図1に示す永久磁石モータ60の減磁量を演算する方法を説明するための概念図である。永久磁石モータ60の磁石による電圧はq軸方向に現われる。

## 【0052】

したがって、この発明においては、d-q軸変換を用いて永久磁石モータ60を制御するときのq軸の電圧操作量 $V_q$ に基づいて永久磁石モータ60の減磁量を演算する。

## 【0053】

d-q軸変換を用いて永久磁石モータ60を制御する場合、q軸の電圧方程式は、次式のようになる。

## 【0054】

$$V_q = \omega \Phi - \omega L_d I_d + R I_q \cdots (3)$$

ただし、 $\omega$ ：回転角速度、 $\Phi$ ：永久磁石による電機子鎖交磁束、 $L_d$ ：q軸のインダクタンス、 $R$ ：電機子抵抗、 $I_d$ ：電機子電流のd軸成分、 $I_q$ ：電機子電流のq軸成分

なお、式(3)において、 $\omega L_d I_d$ は、弱め界磁制御に用いられる項である。

## 【0055】

図4の(a)は、減磁が生じていない場合を示し、図4の(b)は、減磁が生じている場合を示す。減磁が生じていない場合、電機子鎖交磁束は、 $\Phi_c$ であり、q軸の電圧操作量は $V_{qc}$ である。したがって、減磁が生じていない場合、次式が成立する。

## 【0056】

$$V_{qc} = \omega \Phi_c - \omega L_d I_d + R I_q \cdots (4)$$

減磁が生じている場合、電機子鎖交磁束は、 $\Phi_1$ であり、q軸の電圧操作量は  $V_{q1}$ である。したがって、減磁が生じている場合、次式が成立する。

## 【0057】

$$V_{q1} = \omega \Phi_1 - \omega L_d I_d + R I_q \cdots (5)$$

そして、式(4)から式(5)を減算すると、

$$V_{qc} - V_{q1} = \omega (\Phi_c - \Phi_1)$$

となり、

$$\Phi_c - \Phi_1 = (V_{qc} - V_{q1}) / \omega \cdots (6)$$

となる。

## 【0058】

減磁が生じている場合、 $\Phi_1 < \Phi_c$ であるので、式(6)の左辺は、電機子鎖交磁束の変化量、すなわち、減磁量を表わす。

## 【0059】

したがって、式(6)の右辺を演算することにより減磁量を求めることができる。

## 【0060】

この発明においては、減磁が生じていないときのq軸の電圧操作量  $V_{qc}$  を電流指令  $I_d^*$ 、 $I_q^*$ の各々に対して予め測定し、その測定値  $V_{q\_map}$  をマップとして保持する。そして、測定値  $V_{q\_map}$  と制御対象である電圧操作量  $V_{q1}$  と回転角速度  $\omega$  とを式(6)に代入して減磁量  $\Phi_c - \Phi_1$  を演算する。

## 【0061】

演算した減磁量  $\Phi_c - \Phi_1$  が正であるとき、永久磁石モータ60に減磁が生じていることになり、演算した減磁量  $\Phi_c - \Phi_1$  が零であるとき、永久磁石モータ60に減磁が生じていないことになる。

## 【0062】

このように、この発明においては、d-q軸変換を用いて永久磁石モータ60を制御する場合のq軸の電圧操作量  $V_q$  に基づいて減磁量を演算し、その演算結

果に基づいて永久磁石モータ 60 に減磁が生じているか否かを判定する。

【0063】

図 5 は、図 1 に示すマップ保持部 89 が保持するマップの概念図である。図 5 を参照して、マップMAP は、モータ回転数とトルクとの各交点に位置する複数の電圧操作量  $V_{q\_map}$  からなる。なお、図 5 においては、白丸は、電圧操作量  $V_{q\_map}$  を示す。

【0064】

そして、マップMAP は、少なくとも 2 つのモータ回転数  $MRN1$  ,  $MRN2$  に対する電圧操作量  $V_{q\_map}$  を含む。

【0065】

永久磁石モータ 60 においては、トルクは、電機子電流の d 軸成分  $I_d$  および q 軸成分  $I_q$  の関数であるので、図 5 に示すトルクは、電機子電流の d 軸成分  $I_d$  および q 軸成分  $I_q$  を示す。したがって、図 5 において、電圧操作量  $V_{q\_map}$  がモータ回転数とトルクとの各交点に位置することは、電圧操作量  $V_{q\_map}$  がモータ回転数と、電機子電流の d 軸成分  $I_d$  および q 軸成分  $I_q$  との各交点に位置することに相当する。つまり、マップMAP は、モータ回転数  $MRN1$  ,  $MRN2$  と電機子電流の d 軸成分  $I_d$  および q 軸成分  $I_q$  とに対応する電圧操作量  $V_{q\_map}$  からなる。

【0066】

再び、図 1 を参照して、マップ保持部 89 は、電流指令生成部 83 から電流指令  $I_d^*$  ,  $I_q^*$  を受け、回転数検出部 81 からモータ回転数  $MRN$  を受ける。マップMAP は、上述したように、モータ回転数  $MRN1$  ,  $MRN2$  と電機子電流の d 軸成分  $I_d$  および q 軸成分  $I_q$  とに対応する電圧操作量  $V_{q\_map}$  からなるので、マップ保持部 89 は、電流指令生成部 83 から受けた電流指令  $I_d^*$  ,  $I_q^*$  と、回転数検出部 81 から受けたモータ回転数  $MRN$  との交点に位置する電圧操作量  $V_{q\_map}$  をマップMAP から抽出し、その抽出した電圧操作量  $V_{q\_map}$  を減磁状態演算部 91 へ出力する。

【0067】

減磁状態演算部 91 は、PI 制御部 86 から電圧操作量  $V_q$  を受け、マップ保

持部 89 から電圧操作量  $V_{q\_map}$  を受け、回転数検出部 81 からモータ回転数  $MRN$  を受ける。そして、減磁状態演算部 91 は、回転数検出部 81 から受けたモータ回転数  $MRN$  に基づいて回転角速度  $\omega$  を演算し、その演算した回転角速度  $\omega$  と、電圧操作量  $V_{q\_map}$ 、 $V_q$  とを式 (6) に代入する。この場合、電圧操作量  $V_{q\_map}$  は式 (6) の  $V_{qc}$  に代入され、電圧操作量  $V_q$  は式 (6) の  $V_{q1}$  に代入される。

#### 【0068】

減磁状態演算部 91 は、演算結果  $\Phi_c - \Phi_1$  が所定値よりも大きいとき、永久磁石モータ 60 に減磁が生じていると判定し、処理信号  $OP_E$  を生成して外部  $ECU$  へ出力する。また、減磁状態演算部 91 は、演算結果  $\Phi_c - \Phi_1$  が所定値以下であるとき、永久磁石モータ 60 に減磁が生じていないと判定する。

#### 【0069】

このように、減磁状態演算部 91 は、永久磁石モータ 60 に減磁が生じていないときに予め測定した電圧操作量  $V_{q\_map}$  と、制御対象である電圧操作量  $V_q$  とに基づいて電機子鎖交磁束の変化量を演算し、その演算結果に基づいて永久磁石モータ 60 に減磁が生じているか否かを判定する。

#### 【0070】

永久磁石モータ 60 に減磁が生じている場合、回転位置センサー 70 が出力するセンサー値  $\theta$  は、減磁を反映したものとなり、3相/2相変換部 82 は、減磁を反映したセンサー値  $\theta$  によってモータ電流  $I_u$ 、 $I_v$ 、 $I_w$  を電流値  $I_d$ 、 $I_q$  に変換する。したがって、電流値  $I_d$ 、 $I_q$  は、減磁の影響を受ける。

#### 【0071】

そして、PI制御部 86 は、偏差  $\Delta I_d (= I_d^* - I_d)$ 、 $\Delta I_q (= I_q^* - I_q)$  に対してPIゲインを用いてモータ電流調整用の電圧操作量  $V_d$ 、 $V_q$  を演算するので、電圧操作量  $V_q$  は、減磁を反映した値となる。

#### 【0072】

したがって、電圧操作量  $V_{q\_map}$ 、 $V_q$  を式 (6) に代入して演算した演算結果  $\Phi_c - \Phi_1$  の値によって永久磁石モータ 60 に減磁が生じているか否かを判定できる。



## 【0073】

減磁状態演算部 91 は、インバータ 40 の入力電圧、すなわち、コンバータ 20 の出力電圧  $V_m$  の電圧レベルに応じて、上述した方法によって演算した減磁量  $\Phi_c - \Phi_l$  を補正する。

## 【0074】

図 6 は、図 1 に示すコンバータ 20 の電圧指令のタイミングチャートである。上記においては、永久磁石モータ 60 に減磁が生じていないときの電圧操作量  $V_{q\_map}$  を予め測定すると説明したが、この測定した電圧操作量  $V_{q\_map}$  には、インバータ 40 を構成する NPN トランジスタ  $Q_3 \sim Q_8$  のデッドタイムが含まれている。

## 【0075】

図 6 を参照して、インバータ 40 に入力される直流電圧が 500 V である場合、q 軸の電圧指令、すなわち、電圧操作量  $V_{q\_map}$  は、信号 PL1 によって表わされる。信号 PL1 は、幅  $W_1$  および高さ  $H_1$  のパルス信号である。そして、信号 PL1 は、デッドタイム  $D_1$  を含む。デッドタイム  $D_1$  は、信号 PL1 と同じ高さ  $H_1$  を有し、幅  $w$  を有する。

## 【0076】

インバータ 40 に入力される直流電圧が 250 V に低下した場合、q 軸の電圧指令、すなわち、電圧操作量  $V_{q\_map}$  は、信号 PL2 によって表わされる。信号 PL2 は、幅  $W_2$  および高さ  $H_2$  のパルス信号である。インバータ 40 に入力される直流電圧が 500 V から 250 V へ低下したのであるから、幅  $W_2 = 2 \times W_1$ 、高さ  $H_2 = (H_1) / 2$  となる。

## 【0077】

そうすると、信号 PL2 に本来含まれるデッドタイムは、高さ  $H_2$  および幅  $w$  を有するデッドタイム  $D_2$  である。しかし、電圧操作量  $V_{q\_map}$  を直流電圧 500 V で測定した場合、インバータ 40 に入力される直流電圧が低下したことによるデッドタイムの補正をしない場合、信号 PL2 は、信号 PL1 と同じデッドタイム  $D_1$  を含むことになる。すなわち、信号 PL2 は、本来、含むべきデッドタイム  $D_2$  に余分のデッドタイム  $D_3$  を含む。

## 【0078】

したがって、インバータ40に入力される直流電圧が低下した場合、余分のデッドタイムD3を除去して電圧操作量 $V_{q\_map}$ を補正する必要がある。また、インバータ40に入力される直流電圧が上昇した場合、不足するデッドタイムを加えて電圧操作量 $V_{q\_map}$ を補正する必要がある。

## 【0079】

そこで、減磁状態演算部91は、電圧センサー12から受けた電圧 $V_m$ の電圧レベルに応じて、マップ保持部89から受けた電圧操作量 $V_{q\_map}$ を式(7)および(8)により補正する。

## 【0080】

$$V_{q\_map\_ad} = V_{q\_map} \pm V_{dead\_q} \cdots (7)$$

$$V_{dead\_q} = (V_{mi} - V_{mf}) * (Di) * (fc) * \cos \beta * (3) \\ 1/2 \cdots (8)$$

ただし、 $V_{mi}$ ：電圧操作量 $V_{q\_map}$ 測定時のインバータ40への入力電圧

$V_{mf}$ ：制御時のインバータ40への入力電圧

$Di$ ：電圧操作量 $V_{q\_map}$ 測定時のデッドタイム

$fc$ ：インバータ40のスイッチング周波数

$\beta$ ：q軸と電流ベクトルとの成す角

なお、式(7)における「±」の「-」は、インバータ40へ入力される直流電圧が低下した場合を示し、「+」は、インバータ40へ入力される直流電圧が上昇した場合を示す。

## 【0081】

そうすると、減磁状態演算部91は、補正した電圧操作量 $V_{q\_map\_ad}$ と、制御対象である電圧操作量 $V_q$ および回転角速度 $\omega$ とを式(6)に代入して減磁量 $\Phi_c - \Phi_1$ を演算する。

## 【0082】

この場合、減磁量 $\Phi_c - \Phi_1$ は、補正した電圧操作量 $V_{q\_map\_ad}$ を用いて演算されるので、補正した電圧操作量 $V_{q\_map\_ad}$ を用いて減磁量 $\Phi$

$c-\Phi 1$ を演算することは、減磁量 $\Phi c-\Phi 1$ を補正することに相当する。

【0083】

つまり、減磁状態演算部91は、インバータ40に入力される入力電圧の電圧レベルに応じて減磁量 $\Phi c-\Phi 1$ を補正する。また、上記入力電圧によるデッドタイムの補正は、 $V_{q\_map}$ を電圧毎に持つことでも実現可能である。

【0084】

モータ駆動装置100は、図1に示すようにコンバータ20を含むので、インバータ40に入力される電圧 $V_m$ の電圧レベルは、永久磁石モータ60の出力トルクによって変化する。

【0085】

したがって、上述したように、インバータ40に入力される直流電圧の電圧レベルに応じて減磁量を補正することは、コンバータ20を備えるモータ駆動装置100においては、正確な減磁量を求める観点から特に効果がある。

【0086】

なお、インバータ40のスイッチング周波数が変化した場合、デッドタイムの影響が変化するので、この発明においては、制御時におけるインバータ40のスイッチング周波数が電圧操作量 $V_{q\_map}$ の測定時におけるインバータ40のスイッチング周波数から変化した場合にも電圧操作量 $V_{q\_map}$ を補正するようにしてもよい。

【0087】

上述したように、減磁状態演算部91は、永久磁石モータ60に減磁が生じていないときのq軸の電圧操作量 $V_{q\_map}$ と、PI制御部86によって演算された制御対象である電圧操作量 $V_q$ との差分を演算して減磁量 $\Phi c-\Phi 1$ を推定するが、この発明においては、制御対象である電圧操作量 $V_q$ を電圧操作量 $V_{q\_map}$ （「基準値」に相当する）と比較し、その比較結果に応じて永久磁石モータ60に減磁が生じているか否かを判定するようにしてもよい。

【0088】

この場合、減磁状態演算部91は、電圧操作量 $V_q$ が電圧操作量 $V_{q\_map}$ よりも小さいとき永久磁石モータ60に減磁が生じていると判定し、電圧操作量

$V_q$ が電圧操作量 $V_{q\_map}$ に等しいとき永久磁石モータ60に減磁が生じていないと判定する。

#### 【0089】

また、上述したモータ駆動装置100は、ハイブリッド自動車に搭載されるが、永久磁石モータ60に減磁が生じた場合、外部ECUは、減磁状態演算部91からの処理信号OPEに応じて、永久磁石モータ60を停止するように制御装置80へ指示し、エンジンにより走行するように制御する。これにより、ハイブリッド自動車をより安全に走行させることができる。

#### 【0090】

このように、永久磁石モータ60の減磁量を正確に推定することは、モータ駆動装置100がハイブリッド自動車に搭載される場合、特に効果がある。

#### 【0091】

なお、マップ保持部89および減磁状態演算部91は、永久磁石モータ60の減磁量を推定する「推定手段」を構成する。

#### 【0092】

また、減磁状態演算部91の機能のうち、演算した減磁量が所定値よりも大きいとき、処理信号OPEを出力する機能は、永久磁石モータ60の動作制限処理を行なう「動作処理手段」を構成する。

#### 【0093】

さらに、上記においては、電流指令 $I_d^*$ 、 $I_q^*$ により電圧操作量 $V_{q\_map}$ を抽出すると説明したが、この発明においては、これに限らず、電流センサー50により検出され、3相/2相変換部82により変換された電流 $I_d$ 、 $I_q$ により電圧操作量 $V_{q\_map}$ を抽出するようにしてもよい。

#### 【0094】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態によるモータ駆動装置の概略ブロック図である。

【図2】 図1に示すコンバータの回路図である。

【図3】 図1に示すインバータの回路図である。

【図4】 図1に示す永久磁石モータの減磁量を演算する方法を説明するための概念図である。

【図5】 図1に示すマップ保持部が保持するマップの概念図である。

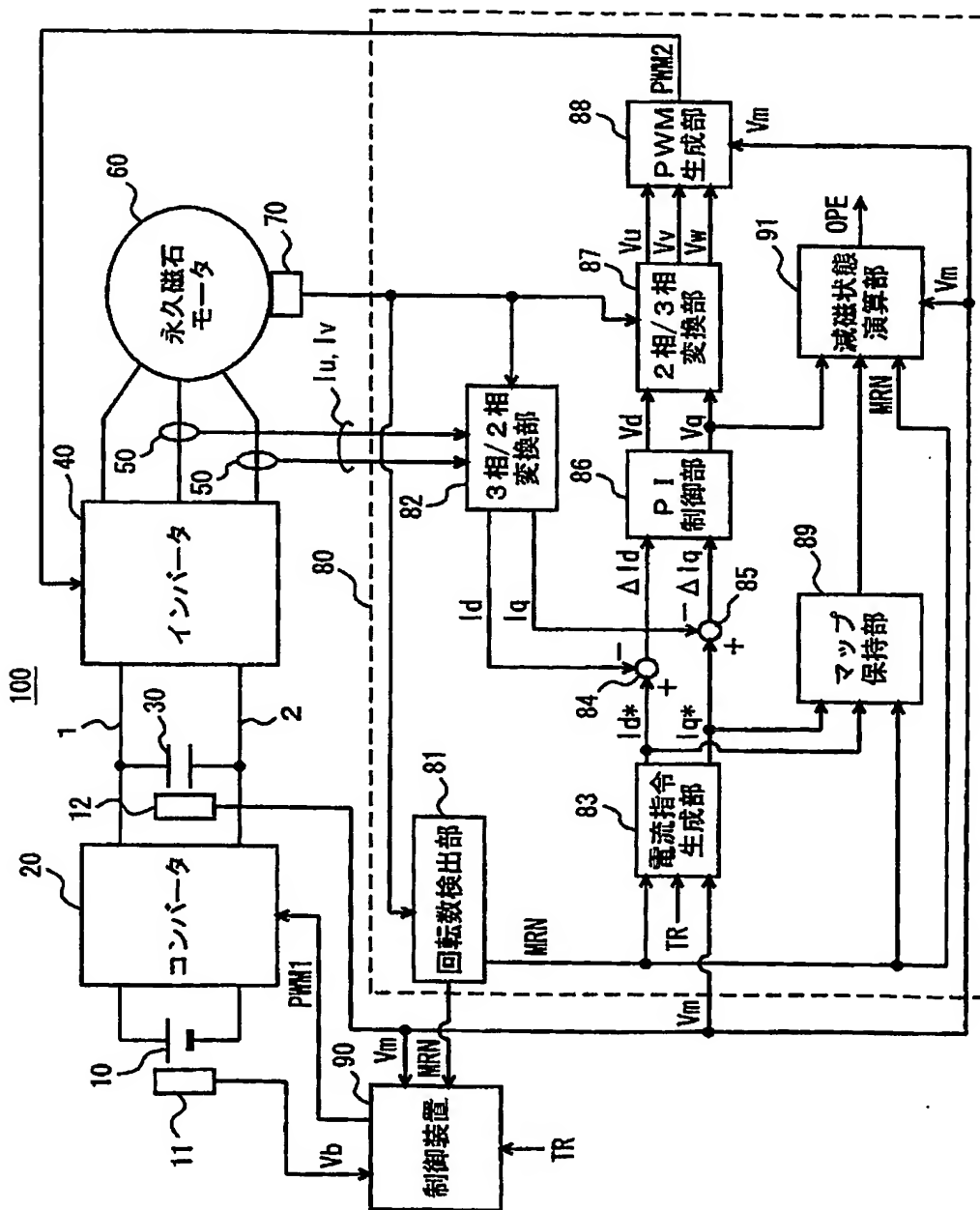
【図6】 図1に示すコンバータの電圧指令のタイミングチャートである。

【符号の説明】

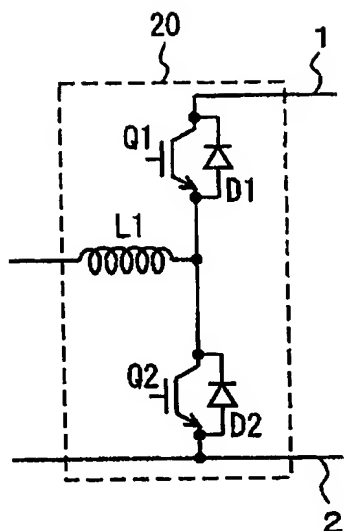
1 電源ライン、2 アースライン、10 直流電源、11, 12 電圧センサー、15 U相アーム、16 V相アーム、17 W相アーム、20 コンバータ、30 コンデンサ、40 インバータ、50 電流センサー、60 永久磁石モータ、70 回転位置センサー、80, 90 制御装置、81 回転数検出部、82 3相/2相変換部、83 電流指令生成部、84, 85 減算器、86 PI制御部、87 2相/3相変換部、88 PWM生成部、89 マップ保持部、91 減磁状態演算部、100 モータ駆動装置、L1 リアクトル、Q1~Q8 NPNトランジスタ、D1~D8 ダイオード。

【書類名】 図面

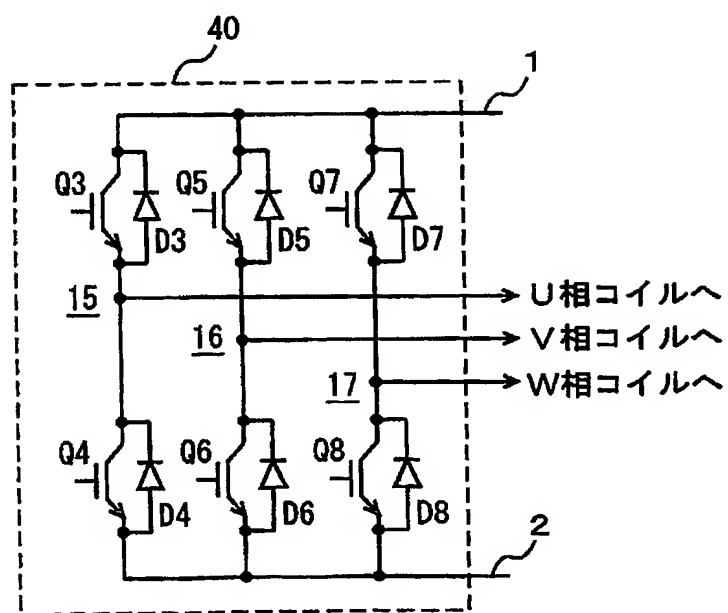
【図 1】



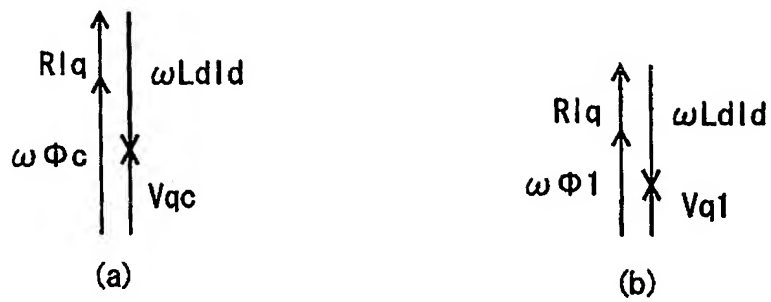
【図 2】



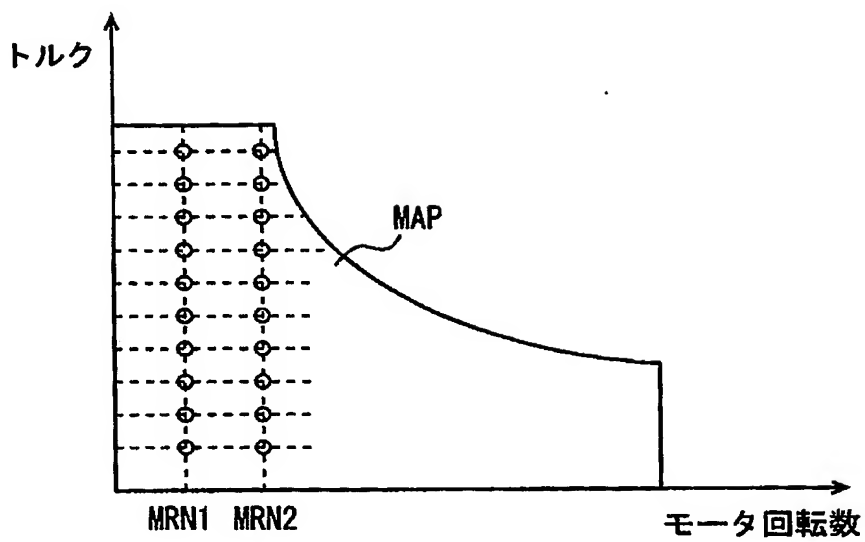
【図 3】



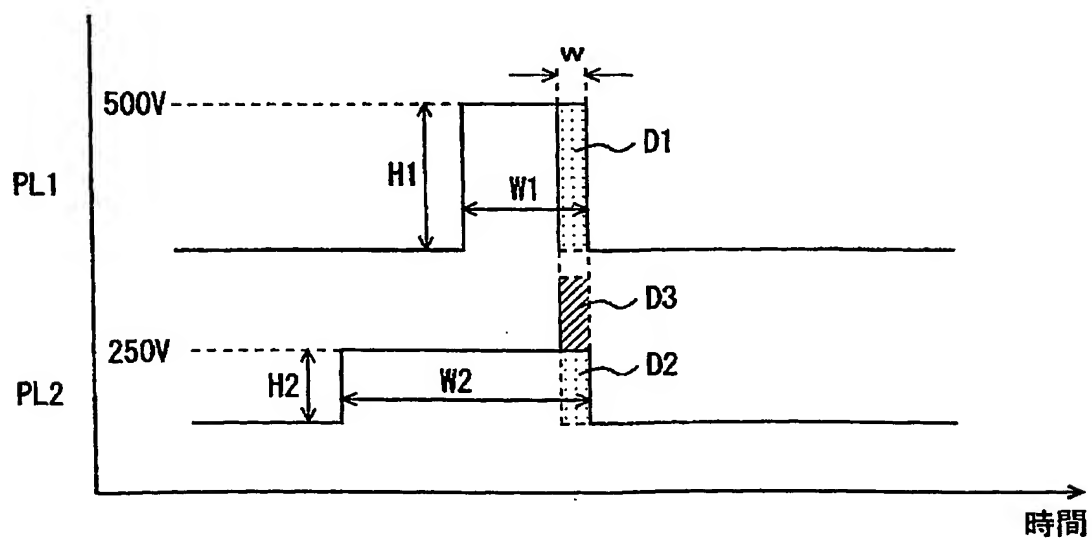
【図 4】



【図 5】



【図 6】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 永久磁石モータの減磁を正確に推定可能なモータ駆動装置を提供する

。

【解決手段】 マップ保持部 89 は、永久磁石モータ 60 に減磁が生じていないときの q 軸の電圧操作量  $V_{q\_map}$  をマップとして保持する。減磁状態演算部 91 は、回転数検出部 81 からのモータ回転数  $MRN$  に基づいて回転角速度  $\omega$  を演算する。そして、減磁状態演算部 91 は、マップ保持部 89 からの電圧操作量  $V_{q\_map}$  と、PI 制御部 86 からの制御対象である電圧操作量  $V_q$  と、回転角速度  $\omega$  とに基づいて減磁量  $= (V_{q\_map} - V_q) / \omega$  を演算し、減磁量が所定値よりも大きいとき、永久磁石モータ 60 の動作を制御する処理信号  $OP_E$  を出力する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 2 0 4 7 3 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 3 2 0 7 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地

氏 名 トヨタ自動車株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**